أثر المادة العضوية في الصفات الطبيعية والكيماوية للأراضي

للدكتور مصطفى حسن هلال

تتكون التربة من ثلاثة مكونات أساسية : المادة الصلبة والمادة السائلة والمادة الغازية . وتعرف المادة السائلة بالماء الأرضى أو المحلول الأرضى ، وتعرف المادة الغازية بالهواء الأرضى ، أما المادة الصلبة فتنقسم إلى مادة معدنية ومادة عضوية ، والأولى عبارة عن حبيبات التربة التى تشمل الرمل والسلت والطين .

وتتحكم المادة الصلبة بقوامها (حجم حبيباتها) وبنائها (طريقة تجمع الحبيبات) فى الصفات الطبيعية للتربة ، مثل السعة المائية والنفاذية والتهوية ، وبالتالى فى بعض الصفات الكيماوية ، مثل السعة التبادلية .

ويعتبر المحلول الأرضى أكثر مكونات التربة حركة ونشاطا وأسرعها عرضة للتغير ، فمنتجات عوامل التعرية وتكوين الأراضى تتحرك فى قطاع التربة بواسطة المحلول الأرضى ، إما فى صورة أيونات أو جزيئات أو مادة غروية ، أو حتى فى صورة خلايا ميكروبية وبقاياها وإن تكسير المادة المعدنية وتحلل المادة العضوية وكذلك تمثيل المركبات العضوية هى بعض التغيرات التى تحدث بوجود المحلول الأرضى لما له من تأثير فى النمو والإذابة وتشجيع العمليات الحيوية .. وامتصاص النبات لعناصره الغذائية يكون فى صورة أملاح ذائبة فى المحلول الأرضى الذى يشغل المسافة بين جذور النبات والمادة الصلبة (حبيبات التربة) .

ولقد وجهت إلى الماء الأرضى — لأهميته البالغة — الكثير من البحوث المعملية والحقلية ، حيث إن الصفات الكيماوية للمحلول الأرضى تدل عادة على صفات التربة . وقدرة التربة على حفظ الماء ونفاذيته تدل على الصفات الطبيعية للتربة من قوام وبناء . ومن أفضل الطرق للحصول على الماء الأرضى هو بالإزاحة أو بإحلال الماء أو أى سائل آخر .

---

* الدكتور مصطفى حسن هلال : الباحث بقسم الاراضى بالمركز القومى بالبحوث .

أثر المادة العضوية على الأرض الجيرية :

فى تجربة * على أرض جيرية — بولاية أريزونا التى يشبه جوها إلى حد كبير جو الجمهورية العربية المتحدة — حضرت أعمدة من البلاستيك بطول قدم وقطر ٤ بوصه ، وملئت بعينات من أرض « موهافى » (أرض رملية طمية ، وتحتوى على ٢ ٪ كربونات كالسيوم) وعوملت بحامض قوى (هيدروكلوريك) وحامض ضعيف (الأسيتيك) ومادة مخلابية Chelating agent (الفيرسينات EDTA) وبمادة عضوية (مخلفات الشعير) . وبعد ترك الأعمدة لمدة عشرة أيام ، وهى مدة كافية لتحلل المادة العضوية ، شبعت الأعمدة بالماء ، ثم غسلت كل أربعة أيام مرات عديدة ، وذلك بغرض الحصول على الماء الأرضى . ولم تزد كمية الماء المستعملة فى غسلة واحدة عن ١٥٠ ملليتراً ، علماً بأن العمود الواحد كان يتطلب ٧٠٠ ملليتر لتشبعه تماما ، بمعنى أن كمية الماء المضافة كانت كافية فقط لإحلال جزء فقط من المحلول الأرضى تجنبا للتخفيف والتحلل المائى مما قد يؤدى إلى تغير فى صفات المحلول الأرضى . وبعد الحصول على المحلول الأرضى حللت عينات منه لتقدير الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم وأيون البيكربونات والكلوريد ، ثم لتقدير أيون الاسيتات فى معاملة حامض الأسيتيك .

وفيما يلى نتائج هذه التجربة :

(١) حركة الكالسيوم : لوحظ أن جميع المعاملات قد أدت إلى زيادة فى محتوى المحلول الأرضى من الكالسيوم والماغنسيوم ، وكان عنصر الكالسيوم السائد فى كل المعاملات إلا فى حالة إضافة مخلفات الشعير ، فكانت الكمية المغسولة من الماغنسيوم أكثر من الكالسيوم . وقد أدت المعاملة بمادة EDTA إلى زيادة هائلة فى الكالسيوم ، حيث بلغ ٤٠ ضعفا بالنسبة إلى الكالسيوم المغسول من الأعمدة غير المعاملة ، أما المعاملة بالمادة العضوية فقد أدت إلى تضاعف واحد فقط فى غسيل الكالسيوم شكل بيانى (١) .

وقد أدت المعامله بحامض الهيدروكلوريك إلى غسيل أكبر كمية من الماغنسيوم إذا قورنت بالمعاملات الأخرى ، كما هو مبين بالشكل البيانى (١) . ولم يزد المغسول من البوتاسيوم أو الصوديوم زيادة محسوسة إلا فى حالة المعاملة بالفيرسينات، حيث

* Helal, M. H. (1966) Ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, Arizona.

لوحظ مرور كمية كبيرة من الصوديوم مع المحلول الأرضى، ذلك لاحتواء الفيرسينات نفسها على صوديوم $Na_2\ H_2$ EDTA.

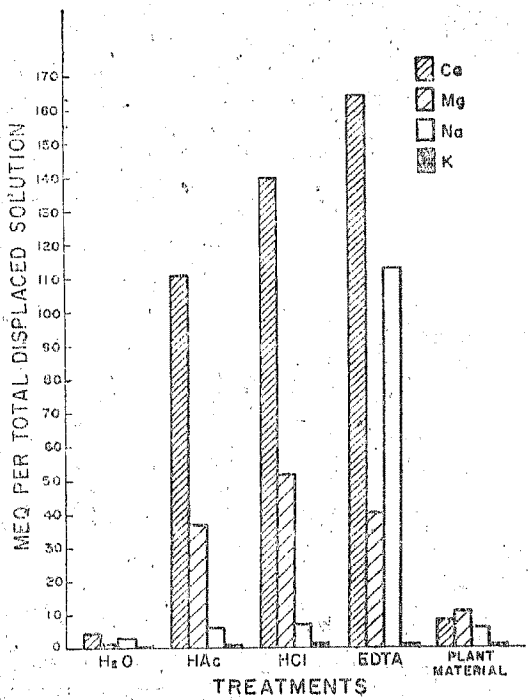

Fig. 1.— Average amounts of Cations moving (total of 8 displacements).

(٢) تأثير الفيرسينات على صفات الطين : أدت هذه المعاملة كما سبق ذكره إلى زيادة هائلة فى حركة الكالسيوم من الأرض الجيرية. ويبدو أن معظم الكالسيوم المتحرك مع الماء الأرضى كان من الكالسيوم الممتص على سطح الطين وليس من كربونات الكالسيوم. ويمكن تفسير ذلك على أساس أن الكالسيوم المتبادل أكثر نشاطا وقابلية للحركة من كربونات الكالسيوم التى توجد عادة فى حبيبات من حجم السلت، وعلى ذلك فالسطح المعرض منها للمحلول الأرضى أقل بكثير من السطح المعرض من الكالسيوم الممتص على سطح الطين.

ولقد أدى غسيل الكالسيوم المتبادل وإحلاله بصوديوم منفرد من الفيرسينات إلى تدهور صفات الأرض الطبيعية، وأصبح عمود التربة غير نفاذ تقريبا للماء

بعد الغسلة السادسة، وازدادت بشدة سعته لحفظ الماء، وفى الغسلة السابعة لم يستقبل سوى ١٠ ملليلتر فى مدة ٢١ يوما، مع العلم بأن كل الأعمدة لم تتأثر نفاذيتها تأثراً يذكر، وكانت بسرعة ١٠٠ ملليلتر فى الساعة، والجدير بالذكر أن معظم الكالسيوم المتحرك فى هذه الحالة كان فى صورة مركب مخلابى ولم يكن فى صورة أيون حر.

(٣) تأثير السماد العضوى: تبين أن إضافة المادة العضوية (مخلفات الشعير) قد أدت — كما سبق ذكره — إلى مضاعفة حركة الكالسيوم، وكان معظمه فى صورة بيكربونات، ولو أن نسبة لا يمكن تجاهلها — وصلت فى بعض الغسلات إلى أكثر من ٢٥ ٪ — كانت فى صورة معقد عضوى. هذا ولم يزد غسيل الصوديوم زيادة تذكر.

ولقد لوحظ تأثير مماثل للسماد البلدى عندما كانت مياه الرى تحتوى على نسبة عالية من الصوديوم، أو عندما كان يضاف نترات الصوديوم مع السماد البلدى (فى تجربة بمزرعة كلية زراعة جامعة القاهرة استمرت ٣٤ سنة). وتأثير المادة العضوية هذا من السهل تفسيره، حيث إنه ينتج من تحللها مواد لها القدرة على تكوين مركبات مخلابية مع الكالسيوم والماغنسيوم أو بعبارة أخرى مواد معقدة عضوية. وتنافس المواد المخلابية حبيبات الطين فى قابليتها للاحتفاظ بالكالسيوم ونقله مع المحلول الأرضى، خاصة وأن حبيبات كربونات الكالسيوم ليست بنشاط حبيبات الطين نظرا لوجودها عادة فى حجم حبيبات السلت.

ولهذه النتائج أهمية تطبيقية هامة، فلقد كان من المعتقد أن تواجد كربونات الكالسيوم بكمية كبيرة فى التربة يحول دون صفاتها الطبيعية من التدهور وذلك مع عدم احتمال تكوين طين صودى.

وتشير هذه النتائج إلى عكس ذلك، فمن الممكن أن يتكون الطين الصودى غير المرغوب فى وجود حبيبات من كربونات الكالسيوم بحجم السلت أو الرمل.

(٤) تفاعل المحلول الأرضى pH: أدت جميع المعاملات إلى انخفاض ملحوظ فى قلوية المحلول الأرضى ومال إلى الحامضية فى المعاملات التى نالت أحماضا، ولكن لم يدم التأثير إلى ما بعد الغسلة السادسة أو السابعة كما هو مبين فى الجدول (١).

ويلاحظ أن أثر المادة العضوية فى الـ pH، وبالتالى فى غسيل الكاتيونات وصل ذروته فى الغسلة الثانية بعد ١٨ يوما من إضافة المادة العضوية، ثم انتهى الأثر تماما

جدول (١) : تأثير المعاملات بمواد ومركبات عضوية فى درجات الـ pH للمحلول الأرضى

المعاملة	درجات الـ pH للمحلول الأرضى للغسلات المختلفة				
	٢	٣	٤	٥	٦	٧
غير معاملة	٨،٤	٨،٦	٨،٥	٨،٥	٨،٥	٨،٨
حامض الخليك	٤،٨	٥،٠	٥،٢	٥،٣	٧،٨	٨،٥
الفيرسينات	٦،٩	٦،٥	٦،١	٦،٠	٦،٣	٦،٤
مخلفات نباتية	٧،٥	٧،٨	٨،٠	٨،١	٨،٥	٨،٦

بعد الغسلة السادسة إلى السابعة أى من ٣٤ إلى ٣٨ يوما من إضافة المادة العضوية.

(٥) حركة أيون البيكربونات : أدت المعاملات العضوية إلى زيادة البيكربونات المتحركة مع المحلول الأرضى ، ولو أن معاملة حامض الهيدروكلوريك أدت إلى قلة البيكربونات فى المحلول . وفى جميع المعاملات بلا استثناء لم يكن تركيز أيون البيكربونات كافيا ليوازن الكاتيونات المتحركة مع المحلول الأرضى ، بل لم يكف إلا لموازنة القليل منها . وهذا يشير إلى أن الكالسيوم والماغنسيوم لا يتحركان فى صورة بيكربونات إلا عندما تكون الكمية المغسولة منهما قليلة للغاية ، كما كان الحال فى أعمدة التربة غير المعاملة بشىء على الإطلاق ، والتى كانت تغسل فقط بماء مقطر . وفى حالة المعاملة بحامض الخليك أو الهيدروكلوريك كان الأنيون السائد هو الأنيون المضاف (اسيتات أو كلوريد) — (شكل بيانى ٢) .

الفوسفور وتأثره بالمادة العضوية : علاوة على تأثير المادة العضوية فى محتوى المحلول الأرضى من كالسيوم وماغنسيوم وهيدروجين وصوديوم وبيكربونات فإن لها تأثيرا بالغا ومهما فى تفاعل وحركة وقابلية عنصر الفوسفور للامتصاص بواسطة النباتات . والمعروف أن الفوسفور يوجد بالأراضى الجيرية فى صورة فوسفات الكالسيوم الثلاثية القليلة الذوبان ، ويمثل الفوسفور المعدنى ٤٠ ٪ فقط

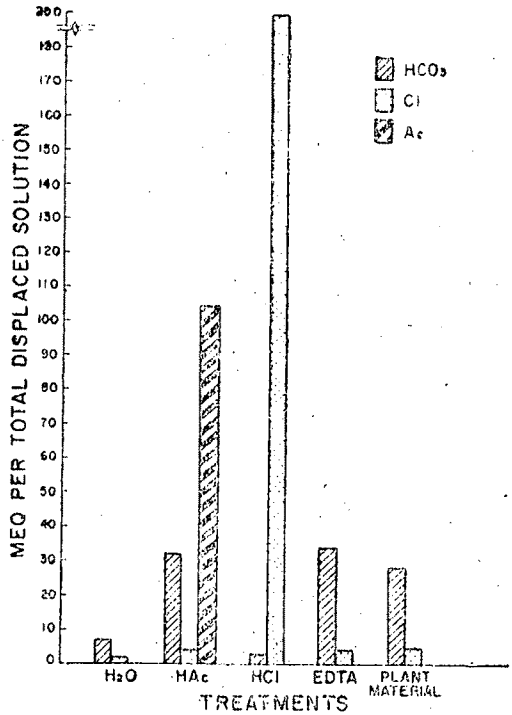

Fig. 2 Average amounts of Anions moving (total of 8 displacements)

من جملة الفوسفور الموجودة فى المحلول الأرضى لتربة غير معاملة . وإضافة مواد عضوية مثل السكر أو مخلفات نبات بقولى تشجع إلى حد كبير جدا النشاط الحيوى فى التربة وتؤدى إلى غسل كمية كبيرة من الفوسفور فى صورة عضوية . ولقد تبين من المعاملات أن الفوسفور لم يمثل المعدنى منه إلا ١٠ ٪ من جملة الفوسفور المتحرك مع المحلول الأرضى. هذا والفوسفور يتحرك حقيقة فى داخل خلايا الميكروبات وليس فى حالة محلول حقيقى . وعلى ذلك فالنشاط الحيوى يؤدى إذن إلى إعادة توزيع الفوسفور فى الأرض الجيرية نظرا لوجود الفوسفات المعدنية فى صورة غير ذائبة وبالتالى غير متحركة . ولا يمكن إهمال الفوسفات العضوية عند عمل أى دراسة على الفوسفور فى الأراضى الجيرية بصفة خاصة .

الخلاصة

(١) من المعروف أن المادة العضوية تعمل كغذاء ومصدر طاقة للميكروبات والكائنات الأرضية الدقيقة ، وتعمل كذلك كمادة لاحمة أو أسمنتية ضرورية لبناء التربة المرغوب زراعيا .

(٢) من النظريات الأساسية لتكوين الأراضى هو حركة بعض العناصر وغسيلها من الطبقات العليا من القطاع وإعادة ترسيبها فى طبقات القطاع السفلى . وحركة عنصر الحديد فى حالة معقد عضوى أو مركب مخلابى هو أساس تكوين « البودزول Podzol » . وتؤدى حركة عنصر الكالسيوم فى صورة بيكربونات وإعادة ترسيبه فى صورة كربونات ، حيث يقل ضغط CO_2 ، إلى تكوين الأراضى الجيرية والطبقات الجيرية الصماء المعروفة باسم « كاليشى Calishy » ، والمادة العضوية أثرها فى حركة عناصر التربة الغذائية الأخرى خلال القطاع الأرضى .

(٣) نتيجة لتحلل المادة العضوية تنتج أحماض عضوية ومواد لها القدرة على تكوين معقدات مع الكالسيوم والماغنسيوم ونقلها إلى أسفل القطاع حيث تترسب وتتأكسد هذه المعقدات العضوية . وتشجع المادة العضوية النشاط الحيوى وإنتاج « غاز ثانى أكسيد الكربون » ، الذى يؤدى بدوره إلى تكوين بيكربونات الكالسيوم الذائبة .

(٤) إضافة كيماويات لسبب أو لآخر يؤدى إلى تغير ملحوظ فى صفات المحلول الأرضى الكيماوية (مركبات مثل حامض الخليك أو الفيرسينات) .

(٥) إن احتواء ماء الرى على صوديوم يؤدى — فى حالة إضافة مواد عضوية أو مركبات مخلابية — إلى تدهور بناء الأرض وتغير ضار فى خاصية حفظ ونفاذية الماء بالرغم من وجود كربونات الكالسيوم .

(٦) للمادة العضوية أهمية خاصة فى كيمياء الفوسفور والعناصر الغذائية الصغرى التى توجد عادة فى صورة غير قابلة للذوبان أو الحركة فى الأراضى الجيرية ، وذلك إذا وجدت فى صورة معدنية .

(٧) ينتهى التأثير الحسن للمادة العضوية فى تفاعل وقاعدية الأراضى الجيرية pH ، وكذلك فى الصفات الطبيعية والكيماوية الأخرى بعد فترة تتراوح بين ٣٠ ، ٤٠ يوما .

المناقشات

الدكتور سعد زكى : فى تجاربنا وجدنا أن المواد العضوية لها أهمية كبيرة جدا فى جعل الفوسفور أكثر صلاحية فى تغذية النباتات .

الدكتور مصطفى هلال : هذا شىء مسلم به ، وأود أن أشير إلى أنه كى نستفيد من عنصر ما يجب نقله من حيث هو إلى حيث توجد جذور النباتات ، ففى الأراضى الجيرية يكاد يكون من المستحيل انتقال الفوسفور إلى حيث توجد جذور النباتات إلا فى حالة وجود مواد عضوية .

الدكتور صلاح طه : إن وجود المادة العضوية فى مثل تلك الأراضى تهيىء تواجد الميكروبات التى تفرز أحماضا تعمل على تذويب الفوسفور .

الدكتور على سرى : أود أن أتساءل عن المدى الذى يتحرك فيه الفوسفور عند إضافة الأسمدة العضوية ، حيث إنى أعتقد أن حركته فى الأراضى الثقيلة ستكون قليلة .

الدكتور مصطفى هلال : فى تجاربى بينت أن الفوسفور انتقل من مسافة ٥ سم إلى ٢٠ سم .

السيد حلمى : مياه الرى عندنا بها نسبة عالية من الصوديوم . فهل لهذا تأثير ما ؟

الدكتور مصطفى هلال : فى تجربة أقيمت بكلية الزراعة حدث تدهور فى التربة لنشوء طين صودى ، وهذا قد يحدث فى الأراضى الرملية لو وجدت بها حبيبات فى حجم السلت أو الطين .

الدكتور محمود عمر : لقد أجرينا تجارب عديدة على أراض مختلفة غير الأراضى الرملية ، وتبين منها أن إضافة الأسمدة العضوية تزيد باستمرار من امتصاص النباتات للفوسفور ، وهذا يدعم قول الدكتور مصطفى هلال الخاص بتحرك هذه العناصر عن طريق الميكروبات . وقد اشتغل سيادته على أرض تحتوى على ٢ ٪ كربونات كالسيوم ، ويهمنا بالضرورة الاشتغال على أراض تحتوى على كميات تصل إلى نحو ٤٠ ٪ من الجير .

* * *